

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 50 972 A 1

21 Aktenzeichen: 196 50 972.6
22 Anmeldetag: 9. 12. 96
43 Offenlegungstag: 10. 6. 98

51 Int. Cl. 6:
F 23 N 5/08
G 01 J 5/10
G 01 J 3/42
G 05 D 21/02
G 05 D 27/02
G 01 N 21/71
F 23 G 5/50

DE 196 50 972 A 1

71 Anmelder:
Elbau Elektronik Bauelemente GmbH Berlin, 13086
Berlin, DE

74 Vertreter:
Kassner, K., Dipl.-Jur. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 12161
Berlin

72 Erfinder:
Burkert, Gerald, 10243 Berlin, DE; Just,
Hans-Jürgen, Dr., 13086 Berlin, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 1 95 09 704 A1
DE 9 01 19 738 U1
DD 2 45 030 A1

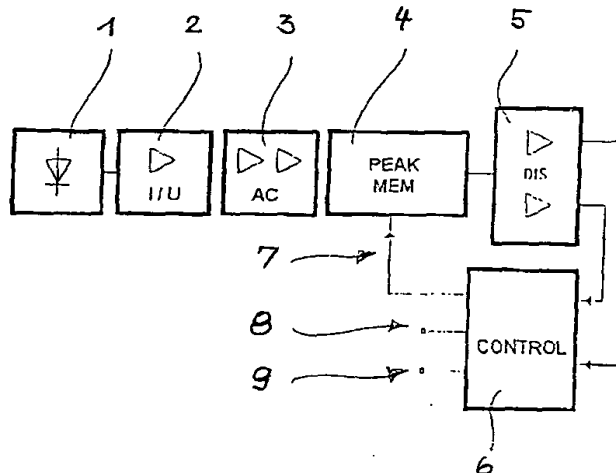
K.-H. Mindermann: Die neue
Flammenwächter-Genera-
tion zum selektiven überwachen und Bewerten von
Flammen aus festen, flüssigen und gasförmigen
Brennstoffen. In: Industriefeuerung 1982, H.23,
S.40-49;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Anordnung zur Überwachung und Regelung von Verbrennungsprozessen

57 Das erfindungsgemäße Verfahren und die dazugehörige Anordnung führen bei der Überwachung und Regelung von Verbrennungsprozessen mittels Strahlenmessung durch sensorische Detektierung mindestens eines, sowohl schmal- als auch breitbandigen Spektralbereiches einer Flamme zu einem hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrad, einer minimalen Schadstoffemission und einer kostengünstigen Ausführung, wenn zunächst die Infrarotstrahlung unterdrückt, dann der Signal-/Rauschabstand vergrößert und schließlich potentielle Fehlalarmquellen unterdrückt werden.



DE 196 50 972 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung und Regelung von Verbrennungsprozessen, insbesondere in Öl- oder Gasbrennern, durch die Auswertung von Strahlungsmessungen der jeweiligen Verbrennungsflamme. Ferner betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Allgemein bekannt ist, daß von einer Verbrennungsflamme eine elektromagnetische Strahlung in verschiedenen Spektralbereichen, wie im ultravioletten (UV), im sichtbaren und im infraroten (IR) Bereich emittiert wird.

Bekannte Verbrennungsstrahlungsdetektoren, die üblicherweise optische Sensoren benutzen, arbeiten in spezifischen, normalerweise schmalbandigen Spektralbereichen. Dabei wird die von der Verbrennungsflamme emittierte Strahlung von einer Sensorelektronik in eine Spannung umgewandelt und unter Verwendung einzelner oder mehrerer Parameteranalysemethoden ausgewertet, wie

- Flackerfrequenzanalyse,
- Strahlungsenergievergleich,
- mathematische Korrelation verschiedener Signale,
- Vergleichstechnik (Verhältnis UND, ODER) und
- Korrelation mit gespeicherten Spektren.

Die bisher bekannten Verbrennungsstrahlungsdetektoren lassen sich entsprechend den Spektralbereichen nach 5 Wirkprinzipien einordnen, wie

1. UV (ultraviolett)-Bereich,
2. IR (infrarot)-Bereich,
3. VIS (sichtbarer)-Bereich
4. Kombination UV/IR-Bereich und
5. Kombination zweier IR-Spektralbereiche,

die je nach Einsatzzweck Vor- und Nachteile aufweisen.

Es wurden bereits nach der DE 195 09 704 ein Verfahren und eine brauchbare Anordnung vorgeschlagen, wonach verfahrensgemäß mindestens zwei verschiedene Spektralbereiche einer Flamme durch eine Sensoranordnung detektiert werden, die selektiv verstärkten Signale durch Verknüpfung mit empirisch ermittelten Verfahrenskonstanten ausgewertet und dann als Steuergrößen zur Regelung und zur Überwachung des Verbrennungsprozesses eingesetzt werden. Hierbei ist typisch, daß mindestens zwei verschiedene Spektralbereiche durch einen Mehrbereichsspektralsensor oder eine Mehrbereichsspektralsensoranordnung detektiert werden.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, die effektive Überwachung und Regelung des Verbrennungsprozesses bei weiterhin hohem feuerungstechnischen Wirkungsgrad, gleichzeitiger minimaler Schadstoffemission und kostengünstiger Anordnung, insbesondere in Kleinverbrennungsanlagen, derart zu verbessern, daß die Strahlungsmessung durch sensorische Detektierung mindestens eines, sowohl schmal- als auch breitbandigen und vorzugsweise sichtbaren Spektralbereiches erfolgt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe nach dem Verfahren dadurch gelöst, daß zunächst zur Unterdrückung der Infrarotstrahlung

- a) die Auswertung der unterschiedlichen Frequenzanteile im Nutz- und Störsignal zur Unterdrückung des Störsignales eingesetzt wird,
- b) dabei der Infrarotanteil (Störsignal) im Meßsignal durch ein sich langsam änderndes DC-Signal abgebildet wird,
- c) wobei die Lichtemission der Flamme als Nutzsignal

Frequenzanteile zwischen 100 und 10 000 Hz enthält d) so daß die Abtrennung der Störgrößen im Meßsignal mittels entsprechender unterer und oberer Grenzfrequenz der Signalverarbeitung erfolgt, und weiterhin zur Vergrößerung des Signal-/Rauschabstandes

e) die Erkennung der Flamme durch eine Auswertung einer vorgegebenen Anzahl von Meßperioden definierter Länge erfolgt und

f) dabei in jeder Meßperiode der Spitzenwert des jeweiligen Signals erfaßt und mit einem Referenzwert für diese Periode "FLAMME EIN" detektiert wird,

g) ein "FLAMME EIN"-Zustand erst dann gültig gegeben wird, wenn in der überwiegenden Anzahl von Meßperioden der Spitzenwert über dem Referenzwert liegt,

wobei schließlich zur Unterdrückung von potentiellen Fehlalarmquellen

h) eine Unterscheidung von Gelb- und Blaubrennen durch Diskriminierung von Amplituden- und/oder Frequenzanteilen im detektierten Signal erfolgt.

Weitere verfahrensgemäße Merkmale sind in den Ansprüchen 2 bis 7 dargestellt. Die erfindungsgemäßen Anordnungsmerkmale zur Durchführung des Verfahrens sind in den Ansprüchen 8-10 enthalten.

Mit der Erfindung wird eine äußerst günstige "low cost"-Ausführung eines Sensorsystems zur Überwachung und Regelung des Verbrennungsprozesses auch vorzugsweise von Ölbrennern möglich. Der Aufgabenstellung folgend wird damit der optimale Arbeitsbereich einer Verbrennungsanlage, d. h. der feuerungstechnisch hohe Wirkungsgrad bei gleichzeitiger minimaler Schadstoffemission, durch einen brennerspezifischen CO₂-Wert definiert. Dabei wurde überraschend herausgefunden, die Frequenz und die Amplitude der detektierten Strahlung auf den Wirkungszusammenhang einzustellen, daß bei hoher Luftzufuhr eine hohe Frequenz mit niedriger Amplitude und bei geringerer Luftzufuhr eine niedrigere Frequenz mit hoher Amplitude erzeugt wird. Die empirischen Vergleichsparameter für die Verbrennungssteuerung sind jeweils für einen Brennertyp bzw. Brennstoff konstant. Die technisch bedingte Brennstoffvarianz wird toleriert.

Funktionell verschmelzen die in ihrer Gesamtheit neuen Verfahrensschritte nach Anspruch 1, wie die zur Unterdrückung der Infrarotstrahlung und die zur Vergrößerung des Signal-/Rauschabstandes schließlich zur Unterdrückung von potentiellen Fehlalarmquellen zu dem einheitlichen Ergebnis, daß sowohl infolge der Erfassung und Auswertung der Modulation im Spektralbereich vorzugsweise des sichtbaren Lichtes eine Steuerung des Brennstoff-/Luftgemisches mit dem Ziel der Schadstoffminimierung erlaubt als auch durch Auswertung der Modulation der Strahlungsemission im sichtbaren Spektralbereich für die Flammenerkennung eine Trennung von der IR-Störstrahlung gewährleistet ist.

Mit der Erfindung wird darüber hinaus das Problem des geringen Signal-/Rauschabstandes speziell im sogenannten "kalten Zustand" des Brenners durch die Anwendung der vorgeschlagenen Verfahrensschritte gelöst.

Die Erfindung soll nachstehend an einem prinzipiellen Ausführungsbeispiel beschrieben werden. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 das Schema einer Hardwareanordnung zur Realisierung des Verfahrens,

Fig. 2 die Anordnung eines Meß- und Regelsystems zur Überwachung des Verbrennungsprozesses in schematischer Darstellung und

Fig. 3 die Anordnung des Verbrennungsstrahlungsdetek-

tors 1 nach Fig. 1.

Der Status "FLAMME AUS" beschreibt einen Zustand des Brenners, bei dem aufgrund nicht stattfindender Verbrennung keine Strahlung emittiert wird bzw. detektiert werden kann.

Der Status "FLAMME EIN" ist durch eine Strahlungsemission der Verbrennungsflamme charakterisiert, die als solche detektiert werden kann.

Der Zustand "Gelbbrennen aktiv" wird bei geringer Luftzufuhr für den Verbrennungsvorgang eingenommen und ist durch eine niedrige Frequenz bei hoher Signalamplitude des Sensorsignals charakterisiert.

Gemäß Fig. 1 ist das Verfahren nach Anspruch 1 durch die Verwendung einer Hardwareanordnung reproduzierbar, die einen Verbrennungsstrahlungsdetektor 1 für den Spektralbereich 380–780 nm (sichtbares Licht), hier eine Si-Photodiode mit einer aktiven Fläche von 7,5 mm² und einem spektralen Maximum bei 690 nm, eine Signalverstärkung 2 mit Spannungsabbildung des Meßsignales, eine Bandpaßverstärkung 3 mit einer unteren Grenzfrequenz von 100 Hz und einer oberen Grenzfrequenz von 1000 Hz, einen Spitzenwertspeicher 4 mit digitalem RESET-Eingang, einen Amplituden- und Frequenzdiskriminator 5 zur Gelb- bzw. Blaubrandbewertung einschließlich der Abbildung der Verbrennungsqualität auf ein Gleichspannungssignal und einen digitalen Rechner 6 zur Realisierung des Algorithmus nach Anspruch 1 bis 3 sowie die Funktion der Steuerung des Spitzenwertspeichers Control PEAK MEM 7 umfaßt. Mit 8 ist der Analogausgang "Verbrennungsqualität", der z. B. als CO₂-Wert im Abgas kalibriert werden kann, bezeichnet. Das analoge Signal "Verbrennungsqualität" 8 kann entsprechend den Anforderungen der Reglerschnittstelle innerhalb der Hardwareanordnung auch bereits digitalisiert werden. Mit 9 ist der J/AN-EIN-Ausgang für den Status "FLAMME EIN" bezeichnet. Zur Vergrößerung des Signal-/Rauschabstandes wird die Erkennung einer Flamme durch eine verfahrensgemäße Auswertung von in diesem Fall jeweils 10 Meßperioden mit je 30–60 ms Länge realisiert. Entscheidend ist für den Verfahrensschritt, daß eine vorgegebene Anzahl von Meßperioden definierter Länge eingehalten wird. Dabei wird in jeder Meßperiode der Spitzenwert des Sensorsignals erfaßt und mit einem Referenzwert verglichen. Der Signal-/Störabstand kann durch den Vergleich mit einem höheren Referenzwert vergrößert werden. Der Wechsel vom Zustand "FLAMME AUS" zum Zustand "FLAMME EIN" zum Beispiel beim Zünden der Flamme kann dadurch störsicherer gemacht werden. Der Zustand "FLAMME EIN" gilt erst dann als erkannt, wenn in 8 von 10 Meßperioden der Spitzenwert über dem Referenzwert liegt, wobei grundsätzlich die erfindungswesentliche Regel gilt, daß in der überwiegenden Anzahl von Meßperioden der Spitzenwert über dem Referenzwert liegen muß. Der Zustand "FLAMME AUS" gilt erst dann als erkannt, wenn in weniger als 3 von 10 Meßperioden der Spitzenwert der Sensorsignalspannung über dem Referenzwert liegt. Mit dieser Anordnung kann der aktuelle Flammenzustand vorteilhaft in weniger als einer Sekunde erkannt werden, wodurch die zu realisierende erfindungstypische Aufgabenstellung wesentlich beeinflusst wird.

Fig. 2 zeigt den schematischen Aufbau des Meß- und Regelsystems zur Steuerung des Verbrennungsprozesses. Das Emissionsspektrum einer Flamme 10 innerhalb einer Brennkammer 12 wird durch den Verbrennungsstrahlungsdetektor 1 erfaßt. In Abhängigkeit von den Verbrennungsparametern ändert sich das Emissionsspektrum.

In einer Signalverarbeitungseinheit 13, die die Funktionen 2 bis 9 der Hardwareanordnung nach Fig. 1 umfaßt, wird aus den Sensorsignalen eine Steuerspannung erzeugt,

die das Flackern der Flamme 10 abbildet. Die Sensorsignale werden in der Signalverarbeitungseinheit 13 entsprechend den erfindungsgemäßen Verfahrensschritten durchgeführt und damit die IST-Werte für einen Regler 14 und das "FLAMME AUS"-Signal für eine Brennersteuerung 15 erzeugt.

Die Brennersteuerung 15 liefert die SOLL-Werte für den Regler 14. In Abhängigkeit vom Ergebnis der SOLL/IST-Vergleiche steuert der Regler 14 ein Luftzufuhr- bzw. Brennstoffstellglied 16, so daß ein Brenner 17 im Sinne der Aufgabenstellung stets mit einem hohen feuertechnischen Wirkungsgrad bei gleichzeitig minimaler Schadstoffemission arbeitet.

In Fig. 3 ist die Ausbildung des Verbrennungsstrahlungsdetektors 1 dargestellt. Durch ein z. B. breitbandiges Fenster 18 gelangt die Emissionsstrahlung der Flamme 10 (Fig. 2) in ein Gehäuse, das aus einer hermetisch verschweißten Gehäusekappe 19 und einem Gehäuseboden 20 mit Anschlußpins 24 besteht. Die Flammenemissionen werden durch ein Sensorelement 21 detektiert. Das Sensorelement 21 ist auf einem Sensorträger 22, und die Signalverstärkerschaltungen 23 sind auf der Unterseite des Sensorträgers 22 angeordnet.

Diese beispielsweise beschriebene Ausführungsform zeigt, daß eine einfache praktische Anwendung der Erfindung in kompakter Bauweise und mit vergleichsweise niedrigen Kosten bei hohem feuerungstechnischen Wirkungsgrad und minimaler Schadstoffemission erfolgen kann, um die bisher üblicherweise starken Zündstörungen und die daraus resultierenden Störungen im Meßsystem wirksam auszuschalten.

Bezugszeichenliste

- 1 Verbrennungsstrahlungsdetektor
- 2 Signalverstärkung
- 3 Bandpaßverstärkung
- 4 Spitzenwertspeicher
- 5 Amplituden- und Frequenzdiskriminator
- 6 Rechner
- 7 Control PEAK MEM
- 8 Verbrennungsqualität
- 9 "FLAMME EIN"
- 10 Flamme
- 12 Brennkammer
- 13 Signalverarbeitungseinheit
- 14 Regler
- 15 Brennersteuerung
- 16 Luftzufuhr- bzw. Brennstoffstellglied
- 17 Brenner
- 18 Fenster
- 19 Gehäusekappe
- 20 Gehäuseboden
- 21 Sensorelement
- 22 Sensorträger
- 23 Signalverstärkungsschaltung
- 24 Anschlußpin

Patentsprüche

1. Verfahren zur Überwachung und Regelung von Verbrennungsprozessen mittels Strahlungsmessung durch sensorische Detektierung mindestens eines, sowohl schmal- als auch breitbandigen Spektralbereiches einer Flamme, bevorzugt im sichtbaren Bereich, Verknüpfung der selektiv verstärkten Signale mit empirisch ermittelten Verfahrenskonstanten, Auswertung und Einsetzung der Signale als Steuergröße zur Regelung und zur Überwachung des Verbrennungsprozesses, ge-

kennzeichnet durch die Schritte, daß

zunächst zur Unterdrückung der Infrarotstrahlung

- a) die Auswertung der unterschiedlichen Frequenzanteile im Nutz- und Störsignal zur Unterdrückung des Störsignales eingesetzt wird, 5
- b) dabei der Infrarotanteil (Störsignal) im Meßsignal durch ein sich langsam änderndes DC-Signal abgebildet wird,
- c) wobei die Lichtemission der Flamme (10) als Nutzsignal Frequenzanteile zwischen 100 und 10 000 Hz enthält, 10
- d) so daß die Abtrennung der Störgrößen im Meßsignal mittels entsprechender unterer und oberer Grenzfrequenz der Signalverarbeitung erfolgt, 15
- und weiterhin zur Vergrößerung des Signal-/Rauschabstandes
- e) die Erkennung der Flamme (10) durch eine Auswertung einer vorgegebenen Anzahl von Meßperioden definierter Länge erfolgt und 20
- f) dabei in jeder Meßperiode der Spitzenwert des jeweiligen Signals erfaßt und mit einem Referenzwert für diese Periode "FLAMME EIN" (9) detektiert wird,
- g) ein "FLAMME EIN"-Zustand erst dann gültig 25 gegeben wird, wenn in der überwiegenden Anzahl von Meßperioden der Spitzenwert über dem Referenzwert liegt, wobei schließlich zur Unterdrückung von potentiellen Fehlalarmquellen 30
- h) eine Unterscheidung von Gelb- und Blaubrennen durch Diskriminierung von Amplituden- und/oder Frequenzanteilen im detektierten Signal erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang vom Status "FLAMME AUS" zum Status "FLAMME EIN" (9) durch die Identifikation des Merkmales "Gelbbrennen aktiv" erfolgt. 35

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang vom Status "FLAMME EIN" 40 zum Status "FLAMME AUS" durch die Identifikation der Merkmale "Gelbbrennen inaktiv" und "Blaubrennen inaktiv" erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung der Verbrennungsqualität (8) 45 auf ein Meßsignal, das als Steuersignal für eine Verbrennungsregulierung genutzt wird, durch Unterscheidung von Amplituden- und/oder Frequenzanteilen im detektierten Signal erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Spektralbereich Teile vom sichtbaren Bereich, vorzugsweise Blau (380–480 nm) und/oder Gelb (560–620 nm) oder der gesamte sichtbare Bereich einschließlich des IR Bereiches (400–5000 nm) oder UV-Bereich (250–350 nm), detektiert werden. 55

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch die Verwendung von Silizium-Photodioden für den sichtbaren Bereich oder solchen Sensoren, mit denen gemäß Anspruch 5 die spezifizierten Spektralbereiche detektierbar sind, das sind UV- und IR-Detektoren. 60

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Hardwareanordnung mit den Funktionsbereichen

- Verbrennungsstrahlungsdetektor (1) 65
- Signalverstärkung (2) mit Spannungsabbildung des Meßsignals
- Bandpaßverstärker (3) mit spezifischer unterer

und oberer Grenzfrequenz

- Spitzenwertspeicher (4) mit digitalem RESET-Eingang
- Amplituden- und Frequenzdiskriminator (5) zur Gelb- bzw. Blaubrand-Bewertung
- digitales Rechenwerk (6) zur Realisierung der Verfahrensschritte nach Anspruch 1 bis 3.

8. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

- den Verbrennungsstrahlungsdetektor (1), der außerhalb einer Brennkammer (12) angeordnet ist und auf eine Flamme (10) gerichtet ist,
- eine Signalverarbeitungseinheit (13), die ein Flammenüberwachungssignal für eine Brennersteuerung (15) generiert und über eine weitere Leitung ein IST-Wertsignal einem Regler (14) zur Luft- bzw. Brennstoffzuführung zur Verfügung stellt und
- ein mit dem Regler (14) verbundenes Luftzufuhr- bzw. Brennstoffstellglied (16) für die Einstellung eines Brenners (17).

9. Anordnung nach Anspruch 8, gekennzeichnet dadurch, daß der Verbrennungsstrahlungsdetektor (1) aus einer Gehäusekappe (19) und einem Gehäuseboden (20) besteht, auf dem auf einem Sensorträger (22) ein Sensorelement (21) derart angeordnet ist, daß die zu messende Strahlung über ein Fenster (18) in der Gehäusekappe (19) einwirkt und auf dem Sensorträger (22) zugleich eine Signalwandlung und -verstärkung realisierbar ist.

10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (21) sowie die Signalverstärkungsschaltung (23) als Opto-ASIC-Baueinheit auf dem Sensorträger (22) ausgeführt ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

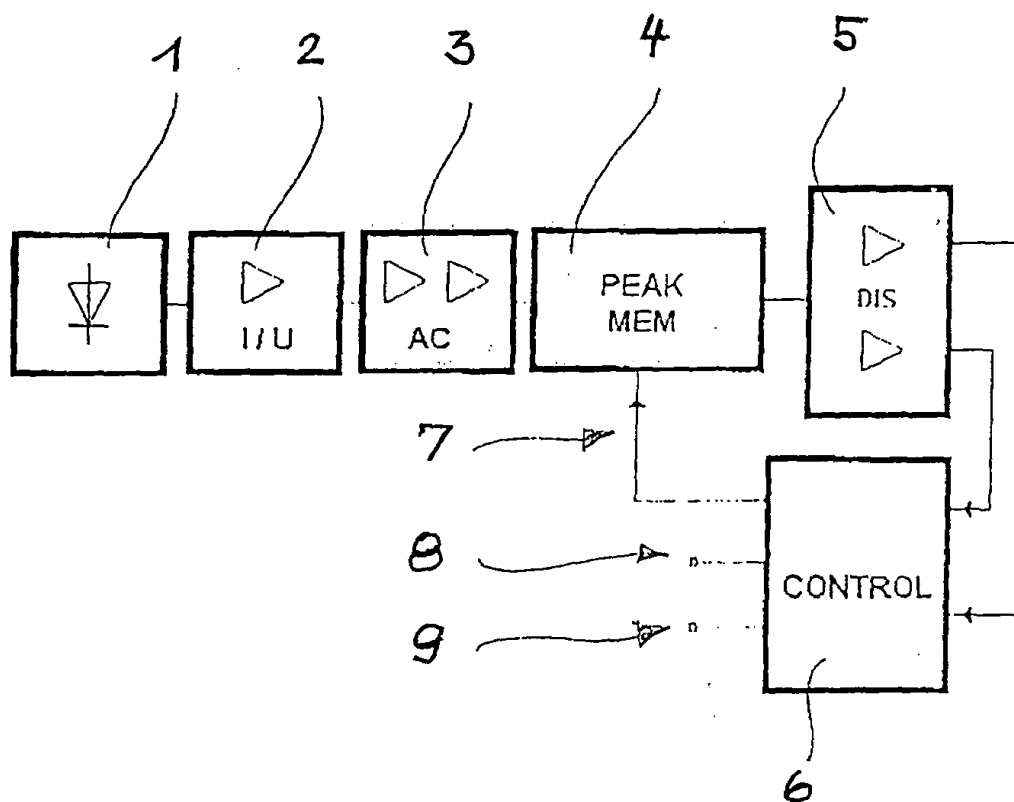


Fig. 2

